

OPTIMASI PERENCANAAN *LEVEL PRODUCTION* UNTUK *PERISHABLE PRODUCT* MENGGUNAKAN *INTEGER LINEAR PROGRAMMING*
(Studi Kasus : KUD Dau Malang)

OPTIMIZATION OF LEVEL PRODUCTION PLANNING FOR PERISHABLE PRODUCT WITH INTEGER LINEAR PROGRAMMING METHOD
(Case study : KUD Dau Malang)

Sartika Kusuma Dewi¹⁾, Arif Rahman²⁾, Ceria Farel M. T³⁾
Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Email : xartika.kd@gmail.com¹⁾, posku@ub.ac.id²⁾, ceria_fmt@ub.ac.id³⁾

Abstrak

Susu pasteurisasi merupakan salah satu produk yang dihasilkan Unit KUD Dau Malang. Perusahaan memproduksi susu pasteurisasi dalam kemasan 140 cc dan 200 cc dengan menggunakan sistem produksi make to stock. Perencanaan jumlah produksi pada perishable product yang mempunyai masa umur relatif pendek dengan permintaan berfluktuasi akan menghadapi resiko kerugian akibat produk rusak sebelum terjual. Perusahaan dihadapkan pada pilihan overstock ketika produksi melebihi permintaan dan shortage ketika jumlah permintaan melebihi jumlah produksi. KUD Dau memiliki batas penyimpanan produk hingga 2 hari, dan ketika produk masih belum terjual pada hari kedua maka barang tersebut akan dibuang. Penelitian ini menggunakan pendekatan Integer Linear Programming untuk meminimalisir total biaya akibat adanya ketidaksesuaian perencanaan produksi. Pendekatan Integer Linear Programming yang diformulasikan dengan satu fungsi tujuan untuk meminimasi biaya yang meliputi biaya overstock, shortage dan scrapped dan dibatasi beberapa fungsi kendala berkaitan dengan variabel overstock, shortage, scrapped dan semua variabel yang terdapat pada persamaan dalam bentuk bilangan non-negatif.

Kata Kunci: *Production planning, level production, perishable product, cost minimization, integer linear programming.*

1. Pendahuluan

Susu merupakan salah satu jenis *perishable product*, menurut Donselaar (2006), perbedaan utama antara *perishable product* dan *non perishable product* adalah mengenai umur dari produk tersebut dihitung saat proses produksi selesai dilakukan sampai produk tersebut sudah tidak bisa dikonsumsi lagi. Susu pasteurisasi merupakan salah satu produk yang dihasilkan Unit KUD Dau Malang. Produksi untuk susu pasteurisasi kemasan 140cc dan 200cc menggunakan sistem produksi *make to stock*. Susu segar memiliki *lifetime* yang pendek dimana produk tersebut akan mulai mengalami penurunan kualitas setelah proses produksi dan akan semakin menurun saat pengiriman produk tersebut sampai ke tangan konsumen (Chen, Hsueh dan Chang 2009).

Lifetime produk susu pasteurisasi yang relatif pendek, yaitu 5 hari, menyebabkan pihak perusahaan kesulitan dalam menentukan jumlah perencanaan produksi setiap harinya. Karena perusahaan dihadapkan akan kondisi

shortage dan *overstock* dimana kedua kondisi tersebut merupakan kondisi yang menjadi perhatian pada kasus *perishable product*. Kondisi *shortage* ketika jumlah permintaan lebih besar dibandingkan jumlah produk yang diproduksi perusahaan, sedangkan kondisi *overstock* adalah kebalikan dari kondisi *shortage* yaitu jumlah produksi melebihi dari jumlah permintaan. Pada umumnya masa produk pada *perishable product* hanya selama satu hari, sehingga apabila terjadi kelebihan produk atau *overstock* produk akan dibuang.

Pihak KUD Dau memiliki batas maksimal penyimpanan produk selama 2 hari dalam tanki penyimpanan susu terhitung sejak waktu produksi susu. Berbeda dengan kasus *perishable product* pada umumnya, dalam penelitian ini produk akan dibuang ketika melewati hari kedua. Oleh karena itu, dalam penelitian ini muncul tiga kondisi ketika terjadi ketidaksesuaian perencanaan produksi, yaitu kondisi *shortage* yang menimbulkan *shortage cost*, *overstock* yang menimbulkan *inventory cost* yaitu biaya untuk penyimpanan kelebihan

produk, dan kondisi *scrapped* ketika produk masih tersisa pada hari kedua dan menimbulkan *waste cost*.

Dalam perencanaan penentuan jumlah produksi untuk susu pasteurisasi kemasan 140cc dan 200cc, selama ini pihak perusahaan masih sebatas subjektivitas dari pihak perusahaan. Dengan sistem tersebut, menyebabkan sering terjadinya ketidaksesuaian antara jumlah produksi dengan jumlah permintaan pelanggan yang dapat menimbulkan biaya kerugian bagi perusahaan.

Masalah optimasi jumlah perencanaan produksi untuk kondisi *perishable product* dapat diselesaikan dengan *integer linear programming*. Dengan menggunakan metode *integer linear programming*, dapat diperoleh nilai produksi dengan *level production* yang optimal dengan mempertimbangkan ketiga kondisi yang ditimbulkan dan biaya – biaya yang ditimbulkannya. Formulasi yang dibentuk dengan *integer linear programming* memiliki fungsi tujuan untuk meminimalkan total biaya akibat adanya *shortage*, *overstock*, dan *scrapped*.

2. Metode Penelitian

2.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dimaksudkan untuk mengetahui permasalahan yang sedang dihadapi oleh perusahaan.

2.2 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memberikan landasan teori dalam melakukan penelitian. Pada tahap ini dilakukan usaha untuk menggali konsep-konsep maupun teori-teori yang dapat mendukung usaha penelitian.

2.3 Mengidentifikasi Permasalahan

Identifikasi masalah adalah tahap awal pemahaman terhadap suatu permasalahan yang timbul untuk mencari solusi permasalahan tersebut. Pada tahap ini, akan dikaji permasalahan yang ada pada Unit KUD Dau Malang

2.4 Merumuskan Masalah Penelitian

Dari identifikasi masalah awal dan studi pustaka, selanjutnya dirumuskan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini.

2.5 Menentukan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah ditetapkan

sebelumnya. Hal ini ditujukan agar mempermudah peneliti untuk menentukan batasan-batasan yang perlu dalam pengolahan dan analisis data selanjutnya.

2.6 Pengumpulan Data

Data ataupun informasi yang dikumpulkan harus relevan dengan persoalan yang dibahas yang nantinya akan menjadi *input* pada tahap pengolahan data. Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah riset lapangan dan riset kepustakaan.

2.7 Pengolahan Data

Langkah-langkah dari pengolahan data adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung biaya total awal dengan menggunakan data eksisting perusahaan yang nantinya akan dibandingkan dengan biaya total akhir yang didapatkan dengan menggunakan formulasi model yang disusun dalam penelitian ini.
- b. Mengidentifikasi konsep sistem perencanaan produksi pada perusahaan untuk membangun model konseptual sistem yang memuat elemen sistem nyata.
- c. Berdasarkan model konstual sistem , dirumuskan persamaan model formulasi yang dapat merepresentasikan model konseptual yang dibangun sebelumnya. Dengan formulasi model yang memiliki fungsi tujuan minimasi biaya dan fungsi kendala yang berhubungan dengan kondisi biaya yang ditimbulkan.
- d. Selanjutnya digunakan *solver* untuk mengetahui jumlah biaya optimal dengan menggunakan data eksisting perusahaan.
- e. Membandingkan total biaya *existing* dengan total biaya dengan menggunakan formulasi model.
- f. *Forecast/* peramalan data dengan menggunakan formulasi monte carlo untuk beberapa periode mendatang digunakan untuk menentukan nilai konstanta dari rencana produksi agar dapat dilakukan pengambilan keputusan dalam menentukan jumlah kebutuhan produksi yang tepat untuk meminimasi adanya *shortages* atau *overstock* yang akan terjadi.
- g. Melakukan pengujian pendugaan parameter untuk mengetahui sejauh mana ketahanan formulasi model dengan perubahan nilai-nilai parameter yang akan terjadi.

2.8 Analisis Hasil Dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis hasil dan pembahasan mengenai penentuan nilai perencanaan *level production* yang digunakan sebagai usulan kepada perusahaan untuk biaya total yang lebih rendah dari biaya total awal.

2.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan menjabarkan tentang penentuan nilai perencanaan *level production* yang disulkan kepada pihak perusahaan yang dapat memberikan perbaikan dari segi biaya. Dengan adanya saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dengan dasar penelitian yang telah dilakukan, sehubungan dengan kondisi sistem produksi pada Unit KUD Dau Malang.

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang dikumpulkan yaitu yang berkaitan dengan penentuan jumlah produksi susu pasteurisasi, yang terdiri dari sistem perencanaan produksi pada perusahaan, data produksi dan data permintaan pada periode tertentu, serta biaya – biaya yang ditimbulkan akibat adanya ketidaksesuaian perencanaan produksi.

3.1 Sistem Perencanaan Produksi

KUD Dau memproduksi dua macam susu, yaitu susu segar homogenisasi dan susu pasteurisasi dengan beberapa varian rasa. KUD Dau menggunakan sistem produksi berbasis *semimake to stock* untuk produk susu pasteurisasi,, dimana pihak KUD menentukan perencanaan produksi harian sebagai *stock* yang akan dijual pada suatu hari tertentu dan juga menerima *order* sepanjang *order* dilakukan H-1 sebelum diproduksi sampai sebelum waktu produksi harian dimulai.

Dalam penentuan jumlah produksi pihak perusahaan masih menggunakan intuisi dan sistem perhitungan dari pihak KUD. Karena karakteristik produk yang mempunyai umur pendek, yaitu lima hari, sehingga dihindari adanya persediaan karena dapat mengurangi kualitas produk apabila sampai ke tangan konsumen. Pihak KUD membatasi penyimpanan produk susu pasteurisasi hanya dua hari, terhitung pada hari susu pasteurisasi diproduksi. Untuk sistem penjualannya perusahaan menggunakan sistem FIFO agar tidak terjadi pengurangan masa susu pasteurisasi.

3.2 Data Permintaan

Tabel 1 merupakan data permintaan susu pasteurisasi pada bulan Maret 2013 untuk varian ukuran 140cc dan 200cc.

Tabel 1.Data Permintaan

Tgl	Permintaan	
	140cc	200cc
1	300	330
2	750	1230
3	912	528
4	950	1220
5	610	330
6	820	1165
7	360	1235
8	250	605
9	625	630
10	820	795
11	720	984
12	740	1064
13	835	835
14	460	789
15	265	620
16	880	1184
17	755	742
18	465	369
19	630	965
20	785	861
21	763	300
22	450	1067
23	630	975
24	560	550
25	920	1207
26	540	779
27	780	419
28	550	879
29	780	729
30	920	827
31	610	766

3.3 Data Produksi

Tabel 2 menampilkan mengenai data produksi susu pasteurisasi pada bulan Maret 2013

Tabel 2. Data produksi

Tgl	Produksi	
	140cc	200cc
1	680	1410
2	1208	825
3	1232	810
4	560	1246
5	1500	550
6	398	1262
7	308	450
8	600	730
9	880	1255
10	1150	520
11	450	1210
12	560	620
13	545	925
14	620	605
15	830	1104
16	225	841

Tgl	Produksi	
	140cc	200cc
17	430	451
18	615	521
19	323	1341
20	845	650
21	682	1203
22	420	921
23	235	550
24	845	1320
25	568	768
26	862	782
27	438	625
28	562	1020
29	623	920
30	835	538
31	545	850

3.4 Data Kapasitas Produksi dan Biaya – Biaya yang Ditimbulkan

Unit KUD Dau memiliki kapasitas produksi susu pasteurisasi 8000 liter per hari. Sedangkan Tabel 3 merupakan data mengenai biaya – biaya yang ditimbulkan ketika terjadi ketidaksesuaian produksi pada produk susu pasteurisasi 140cc dan 160cc.

Tabel 3. Biaya – Biaya yang Ditimbulkan

Jenis Produk	Inventory Cost (Rp / unit)	Shortage Cost (Rp / unit)	Waste Cost (Rp/unit)
140 cc	20	300	1200
200 cc	30	500	1500

3.5 Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dengan mendapatkan biaya total awal, kemudian menentukan formulasi model dengan fungsi tujuan minimasi Z dengan fungsi kendala dan selanjutnya pengolahan data menggunakan metode *Linear Programming* dengan bantuan *vba* dalam *Ms. Excel*.

3.5.1 Perhitungan Biaya Awal

Tahap awal yang dilakukan yaitu melakukan perhitungan total biaya awal, dimana data yang digunakan adalah data pada

bulan Maret 2013. Total biaya didapatkan berdasarkan banyaknya satuan unit produk yang mengalami *overstock*, *shortage* dan *scrapped*. Kemudian masing – masing total *overstock*, *shortage*, dan *scrapped* tersebut dikalikan dengan biaya yang ditimbulkannya. Berikut merupakan perhitungan total biaya untuk susu pasteurisasi kemasan 140cc pada bulan Maret 2013.

$$TC = A + B + C$$

$$TC = (1.260 \times 300) + (10.001 \times 20) + (1.199 \times 1.200)$$

$$TC = 2.016.820$$

Keterangan,

$$A : \sum shortage \times shortagecost$$

$$B : \sum overstock \times inventorycost$$

$$C : \sum scrapped \times wastecost$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan total biaya awal untuk susu pasteurisasi 140cc sebesar Rp2.016.820,-

Perhitungan total biaya awal juga dilakukan pada produk susu pasteurisasi kemasan 200cc. Berikut merupakan perhitungan untuk total biaya awal susu pasteurisasi 200cc pada bulan Maret 2013.

$$TC = A + B + C$$

$$TC = (138 \times 500) + (18.312 \times 30) + (1.360 \times 1.500)$$

$$TC = 2.658.360$$

Keterangan,

$$A : \sum shortage \times shortagecost$$

$$B : \sum overstock \times inventorycost$$

$$C : \sum scrapped \times wastecost$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan total biaya awal untuk susu pasteurisasi 200cc sebesar Rp2.658.360,-

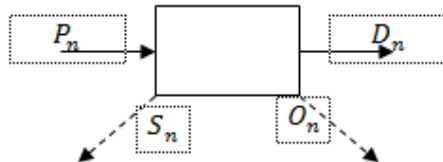
3.5.2 Formulasi Model

Untuk dapat menentukan suatu formulasi persamaan model suatu permasalahan, urutan pertama yang dilakukan adalah mempelajari sistem relevan dan mengembangkan pernyataan permasalahan yang telah dipertimbangkan dengan jelas. Penggambaran sistem dalam pernyataan ini termasuk pernyataan tujuan, sumber daya yang membatasi, alternatif keputusan, dan variabel yang mempengaruhi dalam penentuan keputusan.

Selanjutnya yang dilakukan adalah membuat model yang sesuai dengan analisis. Pendekatan konvensional riset operasional untuk pemodelan adalah membangun model matematik yang menggambarkan inti permasalahan. Kasus dari bentuk cerita diterjemahkan ke model matematik. Formulasi model harus diketahui terlebih dahulu sebelum data diolah dengan program linier, diawali dengan menentukan variabel keputusan kemudian dilanjutkan dengan menentukan fungsi tujuan dan fungsi kendala.

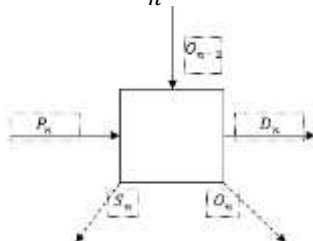
1. Menentukan Model Konseptual Sistem

Model konseptual yang dibangun dalam penelitian ini berupa konstruksi verbal yang digambarkan dalam suatu bagan yang menggambarkan secara logis hubungan kausal antara factor – factor yang berkaitan yang mempengaruhi timbulnya biaya – biaya akibat adanya ketidak sesuaian perencanaan produksi. Berdasarkan sistem perencanaan produksi perusahaan pada sub bab 3.1, muncul beberapa bagan yang menggambarkan kemungkinan kondisi yang ditanggung perusahaan pada lini perencanaan produksi.



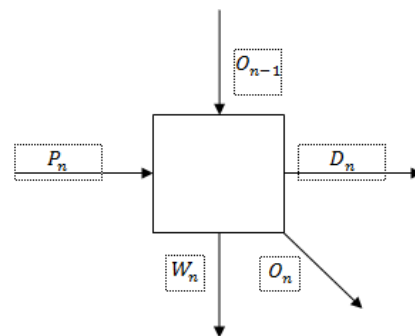
Gambar 1. Kondisi pertama

Gambar 1 merupakan kondisi pertama pada awal perhitungan, pada penelitian ini pada awal bulan Maret 2013, dimana pada bagan terdiri dari masukan yang berupa jumlah produksi susu pasteurisasi yang diproduksi pada hari tersebut, dan keluaran yang berupa jumlah permintaan yang dipenuhi perusahaan. Sedangkan garis putus – putus menunjukkan kemungkinan kondisi yang ditanggung oleh perusahaan, yaitu adanya O_n dan S_n . Dimana O_n adalah *overstock* dan S_n adalah *shortage*.



Gambar 2. Kondisi Kedua

Gambar 2 menunjukkan dua kemungkinan kondisi yang sama seperti pada gambar 1, perbedaannya hanya terletak pada jumlah masukan yang masuk. Pada Gambar 2 masukan tidak hanya dari jumlah produksi hari-H akan tetapi juga jumlah *overstock* pada hari sebelumnya. Sehingga dapat dilihat pada gambar 4.4 nilai *overstock* dapat muncul ketika nilai $P_n + O_{n-1}$ lebih besar dibandingkan dengan nilai D_n . Sedangkan nilai *shortage* dapat muncul ketika nilai $P_n + O_{n-1}$ lebih kecil dibandingkan dengan nilai D_n .



Gambar 3. Kondisi ketiga

Gambar 3 kemungkinan kondisi ketiga yang akan ditanggung perusahaan, yaitu masukan berupa nilai $P_n + O_{n-1}$ akan serupa dengan nilai *output* yaitu nilai $W_n + O_n + D_n$. Pada kondisi ini, W_n akan muncul ketika nilai O_{n-1} lebih besar dibandingkan dengan nilai permintaan hari tersebut. Sedangkan jumlah *overstock* hari tersebut merupakan jumlah produksi pada hari tersebut. Seperti yang telah dijelaskan hal ini disebabkan karena perusahaan menerapkan sistem FIFO, dan barang tidak dapat dijual ketika memasuki hari kedua.

2. Menentukan Formulasi Persamaan Model

Setelah memahami permasalahan dan mengetahui tujuan optimalisasi, tahap selanjutnya yang harus dilakukan adalah membuat model yang sesuai dengan analisis. Pendekatan konvensional riset operasional untuk pemodelan adalah membangun model matematik yang menggambarkan inti permasalahan. Kasus dari bentuk cerita diterjemahkan ke model matematik.

Sedangkan model matematik sendiri merupakan representasi kuantitatif tujuan dan sumber daya yang membatasi sebagai fungsi variabel keputusan. Formulasi yang disusun

terdiri dari variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala.

a. Menentukan Variabel Keputusan

Variabel keputusan adalah variabel-variabel yang mempengaruhi persoalan dalam pengambilan keputusan dan dapat dikendalikan oleh pengambil keputusan. Di samping variabel keputusan terdapat variabel lain yang muncul dalam persoalan yang akan mempengaruhi total biaya yang dihasilkan, yaitu variabel *intermediate*.

Variabel keputusan yang terdapat pada penelitian ini adalah jumlah *level production* optimal. Karena nilai *level production* mempengaruhi secara langsung terhadap total biaya yang didapatkan. Sedangkan jumlah *overstock*, *shortage*, dan *scrapped* merupakan variabel *intermediate*. Variabel ini tidak secara langsung mempengaruhi nilai maksimum atau minimum fungsi tujuan. Dapat dikatakan variabel *intermediate* merupakan penghubung antara variabel keputusan dan variabel hasil.

b. Menentukan Fungsi Tujuan

Pada sub bab 3.5.1 telah dicantumkan total biaya merupakan akumulasi berdasarkan total biaya *overstock*, *shortage*, dan *scrapped*. Sehingga fungsi tujuan pada penelitian ini adalah minimasi biaya atas ketiga kondisi tersebut, dan sasarannya adalah menentukan nilai optimal dimana nilai optimal merupakan titikbalik pada fungsi tujuan yang digunakan. Adapun persamaan fungsi tujuan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada persamaan 1.

$$TC_{min} = \sum_{n=1}^{31} C_w \times W_n + C_i \times O_n + C_u \times S_n \quad (\text{Pers.1})$$

Keterangan,

- N : hari ke- n
- C_w : *waste cost* (Rp/unit)
- W_n : jumlah produk *scrapped* pada hari ke- n (unit)
- C_i : *inventory cost* (Rp/unit)
- O_n : jumlah produk *overstock* pada hari ke- n (unit)
- C_u : *shortage cost* (Rp/unit)
- S_n : jumlah produk *shortage* pada hari ke- n

c. Menentukan Fungsi Kendala

1. Kendala nilai *overstock*

Kendala yang pertama mengenai penentuan nilai *overstock*, dimana nilai *overstock* muncul ketika masih terdapat sisa produk ketika nilai produksi hari ke- n dijumlahkan nilai *overstock* pada hari ke- $n - 1$ dikurangkan nilai permintaan hari tersebut dan jumlah *scrapped* yang muncul pada hari yang sama juga. Akan tetapi ketika nilai *scrapped* ≤ 0 maka nilai W_n tidak dimasukkan. Formulasi fungsi kendala *overstock* dijelaskan pada persamaan 2.

$$O_n - (P_n + O_{n-1} - D_n) - W_n \geq 0 \quad (\text{Pers.2})$$

Keterangan,

- O_n : Nilai *overstock* hari ke- n (unit)
- O_{n-1} : Nilai *overstock* hari ke $n-1$ (unit)
- W_n : Nilai *scrapped* hari ke- n (unit)
- P_n : Nilai *level production* (unit)
- D_n : Nilai permintaan hari ke- n (unit)

2. Kendala nilai *scrapped*

Fungsi kendala yang kedua adalah penentuan nilai *scrapped* yang menimbulkan *waste cost*. Nilai *scrapped* terhitung ketika *overstock* pada hari ke- $n - 1$ lebih dari nilai permintaan pada hari ke- n . Akan tetapi untuk mendapatkan nilai *overstock*, harus dilakukan perhitungan terlebih dahulu apakah terdapat nilai *waste* atau tidak sebelum melakukan perhitungan pada persamaan 2. Persamaan 3 menjelaskan fungsi kendala yang kedua untuk mendapatkan nilai *scrapped*.

$$W_n - (O_{n-1} - D_n) \geq 0 \quad (\text{Pers.3})$$

Keterangan,

- W_n : Nilai *scrapped* (unit)
- O_{n-1} : Nilai *overstock* hari ke $n-1$ (unit)
- D_n : Nilai permintaan hari ke- n (unit)

3. Kendala nilai *shortage*

Dan fungsi kendala yang ketiga adalah penentuan nilai *shortage*, dimana nilai *shortage* muncul ketika permintaan pada hari ke- n lebih besar dibandingkan total stock pada hari ke- n . Nilai total stock didapatkan dari penjumlahan nilai produksi pada hari ke- n dan *overstock* hari sebelumnya atau hari ke- $n - 1$ dan dikurangkan *scrapped* pada hari ke- n , jika ada. Sehingga didapatkan persamaan 4.

$$S_n - (D_n - P_n - O_{n-1}) \geq 0 \quad (\text{Pers.4})$$

Dimana,

- S_n : Nilai *shortage* hari ke-n (unit)
 D_n : Nilai permintaan hari ke-n (unit)
 P_n : Nilai *level production* (unit)
 O_{n-1} : Nilai *overstock* hari ke n-1 (unit)

4. Kendala non-negativitas

Karena model persamaan ini menggunakan metode *integer linear programming*, maka semua nilai variabel yang terdapat pada persamaan dalam bilangan bulat non-negatif. Dan nilai produksi optimal yang dihasilkan harus dalam bentuk bilangan bulat non-negatif juga. Yang dijelaskan pada persamaan 5.

$$P_n \geq 0 \quad (\text{Pers.5})$$

Berdasarkan hasil perumusan yang disajikan dalam persamaan 1 sampai 5, maka dapat diformulasikan model tersebut sebagai berikut:

$$TC_{min} = \sum_{n=1}^{31} C_w \times W_n + C_i \times O_n + C_u \times S_n$$

dengan fungsi kendala

- (1) $O_n - (P_n + O_{n-1} - D_n) - W_n \geq 0$
- (2) $W_n - (O_{n-1} - D_n) \geq 0$
- (3) $S_n - (D_n - P_n - O_{n-1}) \geq 0$
- (4) $P_n \geq 0$, dan *integer*

3. Menjalankan Formulasi Model

Setelah formulasi model tersusun, tahap selanjutnya adalah menjalankan model. Digunakan bantuan *vba* pada *Ms. Excel* untuk mendapatkan nilai *level production* dilakukan iterasi dari angka 1 hingga angka maksimal pada data permintaan yang akan digunakan. Pada program yang digunakan, data yang dimasukkan adalah data permintaan eksisting pada bulan Maret 2013. Tabel 4 merupakan *interface* untuk tabel perhitungan total biaya minimal yang dihasilkan dalam persamaan model dengan bantuan *vba* dalam *Microsoft Excel*.

Tabel 4. Hasil Total Biaya Minimal untuk Susu Pasteurisasi 140cc

optimal result		
cost	waste	54000
	invent	174960
	shortage	201000
minimum cost		429960
prod optimal		640

Sedangkan Tabel 5 menyajikan hasil rekapan total biaya minimal yang didapatkan untuk susu pasteurisasi 200cc.

Tabel 5. Hasil Total Biaya Minimal untuk Susu Pasteurisasi 200cc

optimal result		
cost	waste	4500
	invent	313290
	shortage	292000
minimum cost		609790
prod optimal		810

3.5.3 Generate data

Pada sub bab ini akan dilakukan simulasi sebanyak 40 replikasi, dengan 31 data setiap replikasinya untuk menguji apakah model yang dibangun dapat digunakan dan menghasilkan total biaya yang optimal dengan menjabarkan segala nilai yang mungkin muncul. Adapun tahap yang dilakukan yaitu penentuan distribusi dan parameter, kemudian dilakukan *generate data*. Berdasarkan nilai *generate data* tersebut akan dilakukan pendugaan nilai parameter untuk mensimulasikan apabila model formulasi yang digunakan dalam penelitian ini diterapkan pada studi kasus perusahaan.

1. Penentuan Distribusi dan Parameter

Tahap ini merupakan tahap penentuan distribusi probabilitas teoritis yang paling mendekati pola data permintaan yang digunakan. Mengingat bahwa *input* variabel acak untuk model simulasi mengikuti distribusi probabilitas tertentu, maka hasil simulasi berjalan nilai acak akan mengikuti distribusi probabilitas dan parameter yang digunakannya. Oleh karena itu, untuk mendapat hasil pembangkitan bilangan acak atau *generate number* yang sesuai dengan data *existing*, maka harus didapatkan satu distribusi probabilitas teoritis yang paling mendekati dan dapat mencerminkan sebaran pola data. Oleh karena itu, pola dari permintaan sebelumnya akan

sangat mempengaruhi pemilihan model peramalan (Tersine, 2001).

Salah satu penentuan distribusi pola data adalah dengan mengidentifikasi berdasarkan pola sebaran data yang digunakan. Gambar 4 dan Gambar 5, secara berturut – turut merupakan grafik data susu pasteurisasi 140 cc dan grafik data susu pasteurisasi 200cc pada bulan Maret 2014.



Gambar 4. Grafik data permintaan 140cc



Gambar 5. Grafik data permintaan 200cc

Berdasarkan hasil pengamatan dengan grafik permintaan data eksisting bulan Maret 2013 susu pasteurisasi kemasan 140cc dan 200cc didapatkan distribusi *uniform* yang memiliki kecenderungan lebih sesuai dengan sebaran data aktual. Selanjutnya dilakukan pengujian *Kolmogrov –Smirnov* untuk memastikan kebenaran apakah data memiliki distribusi. Dengan menggunakan α sebesar 5% , hasil kedua pengujian menunjukkan $D_{hitung} \leq D_{\alpha}$. Hal ini menunjukkan bahwa H_0 diterima sehingga data berdistribusi *uniform*. Sedangkan parameter yang digunakan pada distribusi *uniform* adalah nilai minimum dan maksimum.

2. Generate Data

Tahap selanjutnya setelah mengetahui distribusi teoritis probabilitas beserta parameternya adalah melakukan *generate data* atau pembangkitan bilangan acak. Pembangkitan bilangan acak dilakukan sebanyak 31 data sebanyak 40 replikasi untuk menguji apakah model dapat diimplementasikan untuk bulan berikutnya dan mengetahui berbagai kemungkinan total biaya yang muncul. *Generate data* dilakukan dengan bantuan *Ms.*

Excel dengan fungsi *random* dan memasukkan rumus pembilangan acak sesuai dengan jenis distribusi probabilitasnya.

Tabel 6 merupakan rekapitulasi *generate data* untuk susu pasteurisasi 140cc sebanyak 40 replikasi dengan memasukkan nilai *level production* optimal yang didapatkan pada data *existing* bulan Maret 2013, yaitu sebesar 640 unit.

Tabel 6.Rekapitulasi *Generate Data* Susu Pasteurisasi 140cc

ke-	Total biaya	Waste cost	Inventory cost	Shortage cost
1	1208120	159900	163820	884400
2	693580	46800	197980	448800
3	2304460	86700	246160	1971600
4	2614080	0	314880	2299200
5	2076620	270600	225620	1580400
6	651940	157500	186040	308400
7	2291120	114900	228620	1947600
8	1331720	7500	257420	1066800
9	2727740	16200	306740	2404800
10	1502860	73500	283360	1146000
11	778340	96900	177440	504000
12	898460	167100	130160	601200
13	439200	27000	208200	204000
14	882160	223800	174760	483600
15	1287680	33000	293480	961200
16	1315560	122400	228360	964800
17	1168460	117600	239660	811200
18	1297020	163800	235620	897600
19	1752980	0	326180	1426800
20	714340	172200	176140	366000
21	1730360	8700	255260	1466400
22	2346240	45600	263040	2037600
23	912660	317700	185760	409200
24	1816380	79500	198480	1538400
25	1246140	162900	188040	895200
26	2305880	65100	252380	1988400
27	829080	148200	132480	548400
28	1341000	13500	302700	1024800
29	482040	408600	73440	0
30	1818440	26400	264440	1527600
31	2754720	0	337920	2416800
32	1291920	352200	165720	774000
33	376760	123000	154160	99600
34	2298880	152400	266080	1880400
35	2123940	0	256740	1867200
36	1919380	142500	222880	1554000
37	988980	320400	139380	529200
38	769720	0	224920	544800
39	733420	142800	187420	403200
40	1286200	207000	172000	907200

Dilakukan perhitungan pendugaan parameter untuk kedua jenis produk. Berikut merupakan perhitungan pendugaan parameter untuk susu pasteurisasi 140cc berdasarkan rumus menurut Hasan (2001),

$$\begin{aligned}\bar{X}(\text{rerata}) &= \frac{\sum \text{total biaya}}{\text{jumlah replikasi}} \\ &= \frac{(1208120 + \dots + 1286200)}{40} \\ &= 1.432.714,5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s(\text{stdev}) &= \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \mu)^2}{n-1}} \\ &= 679532,5\end{aligned}$$

$$t_{\alpha/2} = 2,26$$

Pendugaan interval untuk rata – rata:

$$\bar{X} - t_{\alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$1189892 < \mu < 1675537$$

Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan rata – rata total biaya akan berada di antara Rp1.189.892,- hingga Rp1.675.537,- akan benar 95% dari keseluruhan waktu, jika pendugaan itu dilakukan berulang – ulang dengan cara yang sama.

Dengan tahap pengolahan yang sama, dilakukan *generate* data untuk produk susu pasteurisasi 200cc . Tabel 7 merupakan hasil rekapitulasi *generate* data untuk susu pasteurisasi 200cc sebanyak 40 replikasi dengan memasukkan nilai *level production* optimal yang didapatkan pada data *existing* bulan Maret 2013, yaitu sebesar 810 unit.

Tabel 7. Rekapitulasi *Generate* Data Susu Pasteurisasi 200cc

ke -	Total biaya	Waste cost	Inventory cost	Shortage cost
1	2820950	302000	516450	2002500
2	2608170	679500	325170	1603500
3	2108300	477500	328800	1302000
4	1822660	379000	342660	1101000
5	2597900	158000	429900	2010000
6	1315880	833000	266880	216000
7	1457200	83500	383700	990000
8	1991100	433500	372600	1185000
9	2330740	367000	403740	1560000
10	1911330	229500	394830	1287000
11	930340	430000	299340	201000
12	2280870	211500	485370	1584000

13	3224770	401500	462270	2361000
14	3359840	83000	468840	2808000
15	1690560	823500	222060	645000
16	949040	402500	287040	259500
17	1281160	512500	336660	432000
18	1169470	920500	248970	0
19	2844750	112500	476250	2256000
20	1713970	356500	314970	1042500
21	3510270	792000	339270	2379000
22	1221250	412000	324750	484500
23	3153600	589500	341100	2223000
24	1845550	157000	443550	1245000
25	2659590	203550	172590	451500
26	897700	731500	166200	0
27	2263030	262000	402030	1599000
28	1131310	466000	204810	460500
30	3919320	495000	472320	2952000
31	2230540	322000	342540	1566000
32	2055020	779000	263520	1012500
33	2759570	60500	561570	2137500
35	838600	244000	362100	232500
36	1189450	298000	336450	555000
37	3563890	59500	532890	2971500
38	1516650	49500	456150	1011000
39	1777060	566500	358560	852000
40	1428330	532500	307830	588000

Berikut merupakan perhitungan pendugaan parameter untuk susu pasteurisasi 200cc menurut Hasan (2001),

$$\begin{aligned}\bar{X}(\text{rerata}) &= \frac{\sum \text{total biaya}}{\text{jumlah replikasi}} \\ &= \frac{(2820950 + \dots + 2301780)}{40} \\ &= 2099563\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s(\text{stdev}) &= \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \\ &= 841349.3\end{aligned}$$

Pendugaan interval untuk rata – rata:

$$\bar{X} - t_{\alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$1798918 < \mu < 2400209$$

Dengan hasil perhitungan tersebut dapat dipercaya 95% bahwa total biaya yang ditimbulkan menunjukkan rata – rata total biaya pada rentang Rp1.798.918- hingga Rp2.400.209, -, jika pendugaan itu dilakukan berulang – ulang dengan cara yang sama.

3.6 Pembahasan

Berdasarkan perhitungan minimasi biaya distribusi dengan metode *Integer Linear Programming* yang diolah dengan bantuan program *vba* pada *Ms. Excel* pengoptimalan perencanaan produksi pada susu pasteurisasi kemasan 140cc dan 160cc dapat mengurangi yang lebih sedikit dibandingkan biaya awal. Perbandingan total biaya awal dan total biaya dengan formulasi model disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Total Biaya *Existing* dan Model pada bulan Maret 2013

Produk	Total Biaya Existing	Total Biaya Model	Perbaikan
140 cc	Rp2.016.820,-	Rp429.960,-	78,68%
200 cc	Rp2.658.360,-	Rp705.390,-	73,47%

Berdasarkan Tabel 8 dapat ditunjukkan total biaya dengan menerapkan persamaan model untuk produk susu pasteurisasi 140 cc mengalami perbaikan sebesar 78,68% dibandingkan dengan total biaya existing. Sedangkan untuk produk susu pasteurisasi 200 cc mengalami persentase perbaikan 73,47% dibandingkan total biaya existingnya.

4 Penutup

Berdasarkan hasil penelitian mengenai optimalisasi perencanaan *level production* dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming*, terdapat beberapa kesimpulan yang bisa diambil, antara lain:

1. Dengan studi kasus dalam penelitian ini, terbentuk formulasi persamaan model yang terdiri dari empat variabel keputusan yaitu jumlah produksi, jumlah *overstock*, *shortage* dan *scrapped*. Sedangkan fungsi tujuannya untuk meminimasi biaya selama satu periode, yaitu selama satu bulan dengan empat fungsi kendala.
2. Dengan menggunakan persamaan model yang dirumuskan, didapatkan nilai produksi optimal untuk susu pasteurisasi 140 cc pada bulan Maret 2013 sebesar 640 unit produk dengan total biaya sebesar Rp429.960,- sedangkan untuk susu pasteurisasi 200 cc pada bulan Maret 2013 sebesar 810 unit produk dengan total biaya Rp609.790,-. Sedangkan untuk total biaya dengan data *existing* produk susu pasteurisasi 140 cc dan 200 cc pada bulan Maret 2013 secara berturut-turut sebesar Rp2.016.820,- dan

Rp2.658.360,-. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diidentifikasi terjadi perbaikan biaya sebesar 75,71% untuk produk susu pasteurisasi 140 cc dan 77,06% untuk produk susu pasteurisasi 200 cc pada bulan Maret 2013.

3. . Berdasarkan 40 kali replikasi *generate* data dan diimplementasikan pada hasil produksi dengan *level production* sebesar 640 untuk susu pasteurisasi 140cc dan 810 untuk susu pasteurisasi 200cc. Dengan perhitungan menggunakan pendugaan interval untuk rata – rata dengan menggunakan α sebesar 5%, didapatkan hasil bahwa dengan keyakinan 95% interval rata – rata total biaya berada pada rentang Rp1.189.892,- hingga Rp1.675.537,- untuk susu pasteurisasi 140 cc sedangkan untuk susu pasteurisasi 200 cc dengan hasil perhitungan pendugaan interval untuk rata – rata disimpulkan bahwa interval rata – rata total biaya pada rentang Rp1.798.918- hingga Rp2.400.209, -, dengan persentase keyakinan 95%.

5. Daftar Pustaka

- Arbib, C., Pacciarelli, D., Smriglio, S., (1999). A three dimensional matching model for perishable production scheduling.
- Chen, H-K., Hsueh, C-F., Chang, M-S., (2009). Production scheduling and vehicle routing problem with time windows for perishable food product. *Computers and Operations Research*, 36, 2311-2319
- Donseelar, K., Woensel, T., Broekmeulen, R., Fransisco, K., (2006). Inventory control of perishables in supermarket. *International Journal of Production Economics*, 104, 462-472
- Hasan, Iqbal. (2001). Pokok-Pokok Materi Statistik 2 (Statistik Inferensia). PT. Bumi Aksara. Jakarta
- Supranto, J. (2001). Statistik teori dan aplikasi edisi keenam. PT. Gelora aksara pratama : Jakarta
- Sridadi, Bambang. (2009). Pemodelan dan Simulasi Sistem. Informatika Bandung : Bandung
- Tersine, R.J., (1994). Principles of Inventory and Materials Management, 4th edition., NJ : Prentice-Hall, Inc.